

# 서울시의 토지이용 및 녹지구조<sup>1\*</sup>

- 강남구 및 중랑구를 대상으로 -

조현길<sup>2</sup> · 이경재<sup>3</sup> · 권전오<sup>4</sup>

## Land Use and Greenspace Structure in Seoul<sup>1\*</sup>

- Case of Kangnam-gu and Junglang-gu -

Hyun-Kil Jo<sup>2</sup>, Kyong-Jae Lee<sup>3</sup>, Jeon-O Kwon<sup>4</sup>

### 요 약

본 연구는 소득수준 및 건축년도의 차이가 나타난 서울시의 강남구와 중랑구를 대상으로, 토지이용별 녹지면적 및 식생구조의 현황을 분석하고 관련된 문제점과 그 개선책을 모색하였다. 연구대상구들의 토지이용유형비는 유사한 것으로 나타났으며, 주거지가 전체면적의 32~37%, 자연지가 19~22%, 교통 및 상공업지가 13~18%, 그리고 공공용지가 13~17%를 점유하였다. 거주와 활동의 중심이 되는 도심주거지 및 상업지에서의 녹지면적은 단지 20~30%에 불과하였다. 도심지(자연지, 농경지 등을 제외한 타토지이용들)에서의 수관점유율은 강남구가 약 39%, 그리고 중랑구가 50%로서, 향후 수목을 식재할 수 있는 잠재력은 강남구에서 약간 더 높았다. 도심지의 수목피도와 교목밀도는 양 구간 별 차이가 없이 각각 약 13% 및 3주/100m<sup>2</sup>이었다. 양 연구대상구는 유목내지는 성장과정의 수목들이 우점하는 단령구조를 보였고, 직경이 클수록 종다양도가 감소하는 경향을 나타내었다. 양 구간 도심지 수종구성의 유사도지수는 0.70으로서 그 유사도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 소득수준 및 건축년도의 차이는 수목피도, 수령구조 등을 포함하는 도심지의 식생구조에 있어 연구대상구간 뚜렷한 차이를 야기시키지는 않았다. 녹지구조의 분석을 통해 나타난 문제점의 개선책은 다층 및 다령구조로 특징지워지는 식생구조의 다양성 확보, 불투수성 면적의 최소화를 통한 도심내 녹지면적의 증대, 과도한 전정의 회피 및 가공선의 지하매설 등으로 요약된다.

주요어 : 토지이용, 녹지면적, 식생구조

### ABSTRACT

This study analyzed urban greenspace area and vegetation structure by land use types for Kangnam-gu and Junglang-gu in Seoul different in income and building construction date. The study districts had a similar areal distribution of land use types. Residential lands accounted for about 32~37% of total area, natural lands, 19~22%, commercial and industrial lands

\* 본 연구는 1995년도 한국과학재단 연구비지원에 의한 결과의 일부임(과제번호: 95-0402-11-04-3)

1 접수 2월 18일 Received on Feb. 18, 1998

2 강원대학교 녹지조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Kangwon Nat'l Univ., Chuncheon, 200-701, Korea

3 서울시립대학교 도시과학대학 College of Urban Science, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

4 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

(including transportation), 13~18%, and institutional lands, 13~17%. Greenspace covered only 20~30% of urban residential and commercial area in which human activities of living concentrate. Canopy stocking level in urban lands (all land uses except natural and agricultural lands) was about 39% for Kangnam-gu and 50% for Junglang-gu, showing tree planting potential slightly higher in Kangnam-gu than in Junglang-gu. Woody plant cover was approximately 13%, and tree density was 3 trees/100m<sup>2</sup> for urban lands in both districts. The tree-age structure was largely characterized by young, growing tree population, and species diversity within a diameter class decreases as the diameter classes get larger. Urban lands of both districts had quite a similar species composition of woody plants (similarity index of 0.70). Income and building construction date did not result in significant difference between the two districts in vegetation structure for urban lands. Some strategies were explored to solve problems found in the present greenspace structures. They included increase of biomass and greenspace area through minimization of unnecessary impervious surfaces, creation of multilayered and multiaged vegetation structures, and avoidance of intensive tree pruning and relocation of above ground utility lines.

**KEY WORDS : LAND USES, GREENSPACE AREA, VEGETATION STRUCTURE**

## 서론

도시의 녹지구조 분석은 도시녹지의 기능을 이해하고 그 기능을 증진하기 위한 향후 연구의 초석이 된다. 여기에서, 녹지는 교목, 관목 및 초본식물 자체를 포함하여 그들의 식재나 생장이 가능한 토양표면을 지칭하며, 녹지구조는 토지이용특성에 따라 건물 및 기타 구조물과 관련하여 나타나는 녹지면적의 구성과 식생의 구조를 함께 지칭하는 개념이다. 도시녹지의 구조는 미기후, 토양 등의 자연환경요소뿐만 아니라, 식생의 성장에 유용한 3차원적 공간을 형성하는 토지이용별 구조물의 배열, 식물종의 선정 및 생체량에 영향을 주는 인간의 식재 및 관리행위 등에 의해 형성된다.

도시녹지의 양과 공간분포는 도시생태계에서의 에너지 및 물질의 흐름과 야생생물종의 이동을 좌우한다. 건물, 아스팔트 등 불투수성 면적이 우점하는 도시에서, 녹지는 대기오염물질의 흡수, 과도한 열에너지의 완화, 물의 재순환, 생물다양성의 유지 등의 환경생태적 기능을 발휘한다(Rowntree, 1986; Bradley, 1995; McPherson *et al.*, 1997; Miller, 1997). 즉, 도시녹지는 흡착과 흡수기능을 통하여 분진상 및 가스상의 대기오염물질 농도를 감소시키며, 복사열의 차단, 증발산 등을 통하여 온습도를 포함하는 미기후를 개선하고 열섬현상을 완화한다. 또한, 야생동물의 서식에 필수적인 먹이 및 은신처를 제공하여 야생동물의 다양성을 유지 혹은 증

진하는데 기여한다.

미국에서는 오래 전부터 로스 앤젤레스(Los Angeles), 오크랜드(Oakland), 쉬카고(Chicago), 시라큐스(Syracuse), 애틀란타(Atlanta) 등 여러 도시들을 대상으로, 녹지면적, 수목피도 및 밀도, 수관체적 및 엽면적, 수목크기 및 생장상태, 종구성 등의 녹지구조를 분석하여 왔다(Miller and Winer, 1984; Richards *et al.*, 1984; Rowntree, 1984; McPherson and Rowntree, 1989; Nowak, 1991; 1994; McPherson *et al.*, 1993; McPherson, 1997). 이들 연구는 해당 도시들의 녹지기능을 계량화하고 녹지계획 및 관리전략을 수립하는데 필요한 기반정보로서 활용되고 있다.

그러나, 한국의 경우 도심내 녹지구조 현황을 조사분석한 연구는 아직 미진한 상황이다. 인구증가와 도시팽창은 도시주변에 분포된 녹지를 잠식하여 왔고, 아울러 개발된 도심내에는 적은 식생피도로 인하여(조현길 등, 1995), 전기한 녹지의 기능을 기대하기가 어려운 상황이다. 도시녹지율의 확보를 위한 대책 강구는 건전한 도시생태계의 유지와 도시생활환경의 질을 증진하기 위해 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다. 본 연구의 목적은 서울시의 강남 및 중랑구를 대상으로, 토지이용유형별 녹지면적 및 식생구조를 분석하고 당면한 문제점과 그 개선책을 모색하는 것이었다. 본 연구에서의 녹지구조는 녹지의 공간적 네트워크 또는 배치를 일컫는 녹지체계와는 구별되는 개념이다. 본 논문은 녹지의 환경생태적 기능의 증감을 좌우하는 녹지면적, 수목의 피도

및 밀도, 수목의 직경구조 등(Huang *et al.*, 1992; McPherson *et al.*, 1993; 1997; 조현길, 1995; Bradley, 1995; Miller, 1997)의 분석에 비중을 두었다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상구역 선정

서울시 행정구역 중, 토지이용구성비, 사회경제적 특성 및 주택건축시기를 기준으로 강남구와 중랑구를 본 연구의 대상으로 선정하였다. 즉, 서울시 전체의 토지이용구성비와 유사한 특성을 지닌 구들 중, 소득수준이 중상위이고 신주택들을 대표하는 구로서 강남구를, 그리고 소득수준이 하위이고 구주택들을 대표하는 구로서 중랑구를 택하였다(서울시, 1994). 시전체의 주요 토지이용유형들은 대지(35%), 삼림지(27%), 도로(11%), 하천(9%), 농경지(8%) 등인 것으로 나타났다. Figure 1에서와 같이, 강남구와 중랑구의 주요 토지이용은 역시 대지와 삼림지였으며, 도로, 농경지 등도 적지 않은 면적비를 차지하였다. 강남구의 1인당 세입은 중랑구보다 2배나 많았고, 시전체의 경우보다 강남구는 약 1.6배 많은 반면 중랑구는 1.3배 적었다. 중랑구에서는 전체 주택수의 약 10%가 1970년 이전에, 그리고 53%가 1980년 이전에 건축되었고, 강남구의 경우 70년 이전에 건축된 주택은 1% 미만이며, 80년 이후에 건축된 주택이 약 63%를 점유하였다. 소득수준 및 건축년도의 차이는 수목피도 및 수령구조

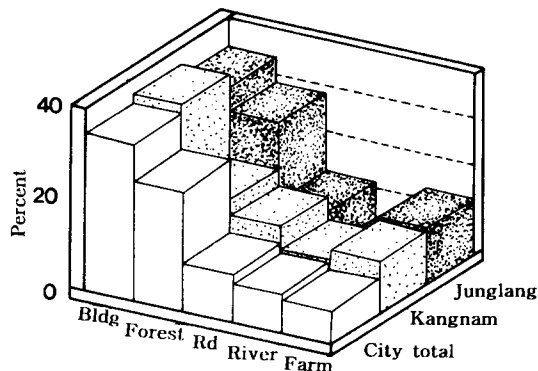


Figure 1. Areal distribution of major land uses in Seoul and study districts(bldg denotes housing lot)

에 영향을 미칠 것으로 가정하였다.

### 2. 토지이용 및 녹지면적구성 분석

강남구는 1992년 9월에 촬영된 축척 1/15,000의 흑백항공사진들을, 그리고 중랑구는 1995년 9월에 촬영된 축척 1/20,000의 흑백항공사진들을 활용하여 토지이용유형별 불투수성 및 녹지면적을 분석하였다. 강남구는 1cm 간격, 그리고 중랑구는 0.5cm 간격의 격자를 그린 투명 셀로판지를 항공사진위에 올려 놓고, 체계적 표본추출(Systematic sampling)을 통해 강남구 총 1,661개 및 중랑구 1,428개의 표본추출지점들을 선정하였다. 8배의 확대경이 부착된 입체시경(Mirror stereoscope: Sokkisha MS-27)을 이용하여 해당지점의 토지이용 및 토지피복(Land cover)유형을 판독하였다.

### 3. 식생구조 조사 및 분석

축척 1/10,000의 지형도상에서 토지이용유형을 고려한 계층적 체계표본추출(Stratified systematic sampling)에 의해(조현길 등, 1998), 강남구 총 121개 및 중랑구 91개의 표본추출지점들을 선정하고 현지답사를 통해 식생조사를 실시하였다. 지도상에서 토지이용별로 타입매핑(Type mapping)을 한 후, 4cm 및 6cm 간격의 격자가 그려진 투명 셀로판지를 올려 놓고, 자연지 및 농경지는 6cm 간격으로, 기타 토지이용들은 4cm 간격으로 표본추출지점들을 선정하였다.

현지식생조사는 각 토지이용유형에 적정하다고 판단된 방법들을 이용하였으며, 해당 표본추출지점들의 토지이용유형을 기록하고 수종, 수고, 직경, 피도 등을 조사하였다. 수고와 직경의 측정은 각각 측고기(Altimeter)와 직경줄자(또는 Caliper)를 이용하였다. 주거지, 상공업지, 건물우점의 공공용지(병원, 은행, 학교 및 공공기관) 등의 경우는 표본추출지점에 가장 가까이 위치하는 주택 또는 건물의 부지경계내에 분포하는 식생을 전수조사하고 그 부지면적을 측정하였다. 자연지, 식생우점의 공공용지, 행락지(공원 및 유원지) 등에서는 방형구법(Quadrat method)을 적용하였으며, 방형구의 크기는 교목 15×15m, 관목 5×5m, 그리고 초본의 경우 1×1m이었다. 본 연구에서 관목은 흉고직경 2cm 이하의 목본식물을 지칭한다.

조사자료를 토대로, 다음의 공식들을 활용하여 구별 및 토지이용별 관제도(Alatalo, 1981), 유사도지

수(Krebs, 1978; Miller and Winer, 1984), 상대우점치(Krebs, 1978; Miller and Winer, 1984) 등을 정량분석하였다. 아래의 공식들은 주로 자연식생의 군집구조를 분석하는데 활용되는 것들이나, 본 연구에서는 정량화된 객관적 수치를 제시하고 이 자료에 근거하여, 구별 및 토지이용별 종구성의 유사성, 우점성 등을 비교할 목적으로 이들을 적용하였다. Miller and Winer(1984)와 McPherson and Rowntree(1989)도 도시토지이용내 식생구조를 분석하는데 아래와 같은 공식들을 적용하여 그 타당성을 제시한 바 있다.

$$\text{균재도(Evenness)} = ((1/C)-1)/(\exp H-1)$$

$$C: \sum (N_i/N)^2$$

$$H: -\sum (N_i/N) \ln(N_i/N)$$

$N_i$ : 토지이용내 특정종의 개체수

$N$ : 토지이용내 총개체수

$$\text{유사도지수(Similarity index)} = 2C/(S_1 + S_2)$$

$C$ : 양 구역의 동일 토지이용내 공통 출현종수

$S_1$ : 구역 1의 특정 토지이용내 출현종수

$S_2$ : 구역 2의 특정 토지이용내 출현종수

$$\text{상대우점치(Importance value, \%)} =$$

$$(\text{상대밀도} + \text{상대빈도} + \text{상대피도})/3$$

$$\text{평균상대우점치(Mean importance value, \%)} = ((3 \times \text{교목상대우점치}) + (1 \times \text{관목상대우점치}))/4$$

## 결과 및 고찰

### 1. 서울시 및 연구대상구역 개황

서울시는 동경 126~127° 및 북위 37°에 위치하며, 1991년에서 1995년까지 5개년의 연평균기온과 평균연강수량은 각각 12.5℃, 1,312.0mm이었다(서울특별시, 1996, 이하 개황서술은 동일 자료에서 참고됨). 1995년 12월말 현재, 시의 총면적과 인구는 각각 605.8km<sup>2</sup> 및 10,595,943명으로서 인구밀도는 17,491명/km<sup>2</sup>인 것으로 나타났다. 강남구의 면적은 시전체의 6.5%인 39.6km<sup>2</sup>, 인구는 시전체의 5.3%인 559,032명이었다. 중랑구의 면적은 시전체의 3.1%인 18.5km<sup>2</sup>, 인구는 시전체의 4.3%인 454,951명이었다. 강남구의 인구밀도는 시전체의 경우보다 약 19% 낮은 14,135명/km<sup>2</sup>이었고, 중랑구의 인구밀도는 시전체보다 40% 높은 24,565명/km<sup>2</sup>이었다.

### 2. 토지이용 및 녹지면적구성

Table 1과 2는 각각 강남 및 중랑구의 토지이용 유형비와 토지이용별 토지피복유형비를 보여 준다. 강남구의 경우, 주거지가 전체면적의 약 32%로서

Table 1. Percentages of land use and land cover types in Kangnam-gu, Seoul

Land use		Land cover						Total
		Tree/Shrub	Grass/Soil	Building	Paving	Water	Others*	
Residential	Urban detached	1.69	2.89	5.60	5.12	0	0	15.30
	Suburban detached	0.36	0.66	0.36	0.06	0	0	1.44
	Multifamily	2.47	2.23	4.94	5.60	0	0	15.24
Commercial		0.66	0.67	4.15	2.35	0	0	7.83
Industrial		0.12	0.90	0.06	0.42	0	0	1.50
Institutional	Building-dominant	1.75	4.27	2.05	2.95	0	0	11.02
	Vegetation-dominant**	0.72	1.57	0	0	0	0	2.29
Recreational	Facility-dominant	0.72	3.01	0.18	0.54	0	0	4.45
	Vegetation-dominant ^	1.57	0.42	0.06	0.06	0	0	2.11
Transportation		2.35	0.42	0	5.96	0	0	8.73
Agricultural	Herbaceous	0.24	6.38	0	0.06	0	0	6.68
	Woody	0.36	0.06	0	0	0	0	0.42
Natural		11.92	0.72	0	0	9.03	0	21.67
Other ^^		0.12	0.78	0.18	0.06	0	0.18	1.32
Total		25.05	24.98	17.58	23.18	9.03	0.18	100

Note: \* Secret areas including an army base, \*\* Forested areas, ^ Natural parks, ^^ Bank and vacant areas(the same with subsequent tables)

Table 2. Percentages of land use and land cover types in Junglang-gu, Seoul

Land use		Land cover					Total	
		Tree/Shrub	Grass/Soil	Building	Paving	Water		Others
Residential	Urban detached	3.23	1.40	14.22	9.17	0	0	28.02
	Suburban detached	0.14	0.63	0.56	0.42	0	0	1.75
	Multifamily	0.84	0.70	2.31	3.29	0	0	7.14
Commercial		0.49	0.56	2.38	1.68	0	0	5.11
Industrial		0.14	0.14	0.28	0.07	0	0	0.63
Institutional	Building-dominant	1.89	2.38	3.50	3.02	0	0	10.79
	Vegetation-dominant	3.99	2.17	0	0	0	0	6.16
Recreational	Facility-dominant	0.21	0.56	0	0.07	0	0	0.84
	Vegetation-dominant	4.27	0.35	0	0	0	0	4.62
Transportation		1.47	0.84	0.28	4.97	0	0	7.56
Agricultural	Herbaceous	0.14	2.59	0	0.28	0	0	3.01
	Woody	1.19	0.91	0	0.07	0	0	2.17
Natural		16.74	0.84	0	0	1.61	0	19.19
Other		0.28	1.33	0	0	0	1.40	3.01
Total		35.02	15.40	23.53	23.04	1.61	1.40	100

가장 높은 분포비를 나타냈고, 그 다음의 순으로 자연지가 22%, 교통 및 상공업지가 18%, 공공용지가 13% 등을 차지하였다. 중랑구 역시 강남구에서와 같이 주거지가 약 37%로서 가장 높은 토지이용구성비를 보였다. 그 다음의 순으로 자연지가 19%, 공공용지가 17%, 교통 및 상공업지가 13% 등을 점유하였다. 양 구역에서 행락지와 농경지의 점유율은 10% 미만이었다.

춘천 및 강릉시에서는 자연지 및 농경지가 75~80%로서 가장 많은 면적을 차지하였으나, 이들 토지이용을 제외한 도심에서는 서울시 연구대상구의 경우처럼, 주거지가 약 37%로서 주요 토지이용유형인 것으로 나타났다(조현길 등, 1998). 미국내 주요 도시들의 경우도, 주거지가 기타 토지이용유형들에 비해 가장 많은 면적(전체면적의 약 50%)을 점유하는 것으로 보고된다(Sampson *et al.*, 1992; McPherson *et al.*, 1993).

강남구의 토지피복유형비는 수목, 초본 및 나지로 구성되는 녹지면적이 약 50%, 건물 및 포장의 불투수성 면적이 41%, 그리고 수면이 9%를 각각 차지하였다. 중랑구에서도 강남구의 경우처럼 녹지면적이 전체면적의 50%를 점유하는 것으로 나타났고, 불투수성 면적이 47%, 그리고 수면을 포함한 기타 토지피복유형이 3%를 차지하였다. 양 연구대상구에서 녹지로 피복된 면적이 불투수성 면적보다 높은 이유는 자연지와 농경지의 적지 않은 점유율에 기인된다.

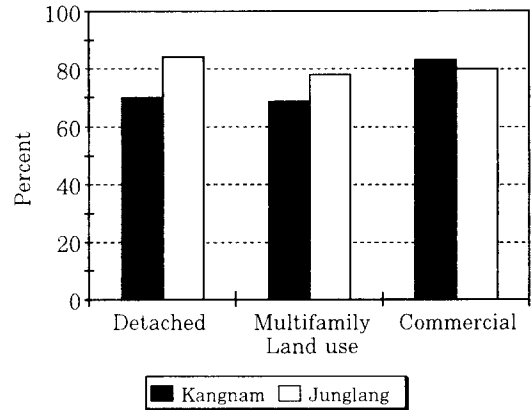


Figure 2. Percentages of hard surface area for urban residential and commercial lands in Kangnam-gu and Junglang-gu, Seoul

거주와 활동의 중심이 되는 도심주거지 및 상업지에서의 토지피복유형비를 분석하여 보면, Figure 2에서와 같이 강남구에서는 70(주거지)~80%(상업지)가, 그리고 중랑구에서는 약 80%가 불투수성 면적이었다. 이와 같이, 양 연구대상구의 도심토지이용들에서는 단지 20~30%만이 녹지로 피복되었음을 알 수 있다. 춘천 및 강릉시의 도심주거지와 상업지 역시, 녹지면적은 10~20%에 불과한 것으로 나

타났다(조현길 등, 1998).

자연지, 농경지, 식생우점의 공공용지 및 식생우점의 행락지를 제외한 다토지이용들(이하 도심지라 칭함)의 수관점유율(Canopy stocking level: 녹지면적 중 교목 및 관목의 수관으로 피복된 비율)은, 강남구가 약 39%, 그리고 중랑구가 50%이었다. 수관점유율이 낮을수록 향후 수목을 식재할 수 있는 잠재력이 그만큼 높다. 춘천과 강릉시 도심지의 수관점유율은 각각 83% 및 75%로서, 이들 도시보다 강남 및 중랑구에서의 식재잠재력이 더 높은 것으로 분석된다. 도심지의 초본 및 나지 면적은 강남구가 총면적 중 15.8%인 6.3km<sup>2</sup>, 그리고 중랑구가 8.5%인 1.6km<sup>2</sup>로서, 이 면적은 장래 수목의 잠재 식재지로 추정된다. 도심에서의 생체량(Biomass)을 포함하는 녹지면적의 증진을 통하여 에너지 및 물질의 흐름과 관련된 도시생태계의 건전한 기능을 확보해야 할 것이다.

### 3. 토지이용유형별 식생구조

#### (1) 수목의 밀도, 기저면적 및 피도

Table 3은 강남구의 토지이용유형별 교목의 밀도와 기저면적(홍고부위)을 비롯하여 교목 및 관목(이하 수목이라 칭함)의 피도를 나타낸다. 자연지에서의 교목의 밀도는 평균 12.9±1.4(표준오차)주/100m<sup>2</sup>, 교목의 기저면적은 2,089±196cm<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>, 그리고 수목의 피도는 143.1±16.8%이

었다. 도심지에서의 경우는 토지이용유형들에 따라 차이가 있으나, 그들 전체의 평균 식재밀도, 기저면적 및 피도는 각각 3.3±0.4주/100m<sup>2</sup>, 212±21cm<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> 및 13.0±1.2%이었다. 토지이용별 수목피도는 교통 및 상공업지 약 9%, 건물우점의 공공용지 11%, 다세대주거지 15%, 도심단독주거지 22% 등의 순으로 높았다.

Table 4는 중랑구의 토지이용유형별 교목의 밀도와 기저면적과 수목의 피도를 보여 준다. 자연지에서의 교목의 밀도는 평균 13.2±1.4주/100m<sup>2</sup>, 기저면적은 1,999±140cm<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>, 그리고 수목의 피도는 186.8±10.4%이었다. 도심지에서의 경우는 강남구와 같이 토지이용유형들에 따라 차이가 있으나, 그들 전체의 평균 식재밀도, 기저면적 및 피도는 각각 3.1±0.4주/100m<sup>2</sup>, 267±52cm<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup> 및 12.9±1.4%이었다. 토지이용별 수목피도는 교통 및 상공업지 약 9%, 도심단독주거지 11%, 다세대주거지 16%, 건물우점의 공공용지 26% 등의 순으로 높았다.

자연지 및 도심지에서의 교목의 평균밀도와 기저면적을 비롯한 수목의 평균피도는 강남구와 중랑구 간 대체로 유사한 것으로 나타났다. 도심지에 있어서, 강남 및 중랑구의 수목피도는 춘천(12%) 및 강릉시(13%)의 경우와 별 차이가 없었으나, 교목밀도는 강남 및 중랑구가 춘천 및 강릉시보다 약 2배 높았다(조현길 등, 1998). 도심지에서의 인구 1인당 교목식재수는 강남구가 약 1.6주, 그리고 중랑구가

Table 3. Number, basal area(cm<sup>2</sup>) and cover(m<sup>2</sup>) of woody plants per 100m<sup>2</sup> by land use type in Kangnam-gu, Seoul\*

Land use	N	Number		Basal area		Cover		
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
Residential	Urban detached	8	3.8	0.6	424	52	22.2	3.8
	Suburban detached	3	5.6	1.4	532	151	35.2	13.5
	Multifamily	19	6.0	1.1	183	10	15.1	0.9
Commercial & industrial	42	2.6	0.4	160	23	9.4	1.2	
Institutional*	5	1.7	0.6	197	71	11.0	4.8	
Recreational**	1	-	-	-	-	-	-	
Natural	31	12.9	1.4	2,089	196	143.1	16.8	
Other	2	-	-	-	-	-	-	
All urban <sup>^</sup>	80	3.3	0.4	212	21	13.0	1.2	

Note: \* Number and basal area exclude shrubs. SE indicates standard error.

\*\* It excludes vegetation-dominant land use class, which is included in natural land(the same with subsequent tables).

<sup>^</sup> It includes all land use types except natural land (the same with subsequent tables).

Table 4. Number, basal area(cm<sup>2</sup>) and cover(m<sup>2</sup>) of woody plants per 100m<sup>2</sup> by land use type in Junglang-gu, Seoul\*

Land use	N	Number		Basal area		Cover	
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Residential Urban detached	17	1.4	0.3	90	24	11.2	2.7
Multifamily	21	4.2	0.9	266	70	16.1	2.6
Commercial & industrial	21	1.2	0.3	274	78	8.9	1.8
Institutional	5	7.3	2.6	314	113	26.1	9.0
Recreational	1	-	-	-	-	-	-
Natural	21	13.2	1.4	1,999	140	186.8	10.4
All urban	65	3.1	0.4	267	52	12.9	1.4

Note: \* Number and basal area exclude shrubs. SE indicates standard error.

Table 5. Percentages of DBH distribution of trees by land use type in Kangnam-gu, Seoul

Land use	Diameter class (cm)						
	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	>50	
Residential Urban detached	35.3	52.2	11.0	1.5	0	0	
Suburban detached	50.0	46.4	1.8	1.8	0	0	
Multifamily	69.8	28.2	1.6	0.2	0.2	0	
Commercial & industrial	76.3	15.7	7.2	0.2	0.1	0.5	
Institutional	66.3	19.8	12.9	1.0	0	0	
Natural	51.2	35.2	12.4	1.2	0	0	
All urban	70.0	24.0	5.3	0.4	0.1	0.2	

0.8주인 것으로 산정되었다. 이들 인구 1인당 교목 식재수는 강릉(1.4주) 및 춘천시(0.9주)의 경우(조현길 등, 1998)와 유사하였다. 한편, 미국의 동북부 지역에 분포하는 시라쿠스(Syracuse) 및 데이톤(Dayton)에서의 도시전체의 교목피도는 22~24%인 것으로 보고된다(Rowntree, 1984). 이에 비하면, 본 연구대상구들의 도심지 수목피도는 반 정도 낮은 것으로 분석된다. 도심지 녹지의 수직적 구조는 교목, 관목 또는 초본으로 구성되는 단층구조를 보였다. 녹지가 부족한 도심내에서 그것의 환경생태적 기능을 충분히 발휘하게 하기 위해서는 자연지에서 볼 수 있는 구조와 같은 다층구조의 조성이 요구된다.

## (2) 직경구조

Table 5와 6은 각각 강남 및 중랑구의 토지이용 유형별 교목의 직경급 분포를 보여 준다. 강남구의 경우, 흉고직경 20cm 이하의 교목이 자연지에서는 약 86%(30cm 이하는 99%)를, 그리고 대부분 인공식재되었을 도심지에서는 94%(30cm 이하는

99%)를 점유하였다. 중랑구의 경우, 흉고직경 20cm 이하가 자연지에서 88%(30cm 이하는 98%)를, 도심지에서 96%(30cm 이하는 98%)를 각각 차지하였다. 이와 같이, 양 연구대상구는 유사하게 유목내지는 성장과정의 수목들이 우점하는 단령구조를 보였고, 직경이 클수록 종다양도가 감소하는 경향을 나타내었다. 양 연구대상구의 이러한 직경구조는 춘천이나 강릉시의 경우(조현길 등, 1998)와도 별 차이가 없는 것이었다. 미국의 일부 도시들(California주의 Oakland, Illinois주의 Chicago 등)에서의 직경구조(Nowak, 1991; 1994)는 대체로 강남 및 중랑구의 경우와 비슷한 경향이나, 흉고직경 30cm 이하의 교목분포가 상대적으로 훨씬 적고(약 80%) 장령의 수목분포가 더욱 많다는 것이 상이하였다.

Richards(1983)는 수목개체군의 안정성의 견지에서 권고할 만한 수령구조는 흉고직경 20cm 이하가 40%, 20~40cm가 30%, 40~60cm가 20%, 그리고 60cm 이상이 10%일 경우라고 보고하였다. 본 연구대상구들과서와 같은 유형의 수령구조는 불

Table 6. Percentages of DBH distribution of trees by land use type in Junglang-gu, Seoul

Land use	Diameter class (cm)					
	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	>50
Residential Urban detached	65.4	32.7	1.9	0	0	0
Multifamily	86.9	11.2	1.8	0.1	0	0
Commercial & industrial	51.7	37.1	8.4	1.4	0.7	0.7
Institutional	85.9	10.6	3.5	0	0	0
Recreational	42.6	56.7	0.7	0	0	0
Natural	54.0	34.3	9.2	1.8	0.5	0.2
All urban	73.8	21.7	2.9	1.4	0.1	0.1

Table 7. Evenness of woody plant species by land use type in Kangnam-gu and Junglang-gu, Seoul

Land use	Kangnam-gu		Junglang-gu	
	Sp*	Evenness	Sp*	Evenness
Residential Urban detached	40	0.481	24	0.784
Suburban detached	31	0.500	-	-
Multifamily	70	0.565	61	0.514
Commercial & industrial	61	0.475	31	0.516
Institutional	29	0.700	46	0.580
Natural	77	0.616	49	0.553
All urban	89	0.460	75	0.512

Note: \* It indicates number of species.

량한 도시환경과 자연식물군집내 경쟁으로 말미암아 유목의 활착과 관련된 사멸율이 상당할 것으로 예측된다(Richards, 1979; McPherson *et al.*, 1993). 또한, 대기오염감소, 열섬현상완화 등 수목의 환경개선기능은 유목보다 수관체적이 큰 건강한 성목이 더 양호하다(Huang *et al.*, 1992). 따라서, 식재후 성목이 될때까지 성장과정에서의 지속적 관리, 각종 공사발생시 기존 수목(특히 성목)의 보호 등 수목의 정상적인 생육과 기능 증진을 위한 식재 및 관리상의 전략이 필요하다.

### (3) 균재도 및 유사도

균재도는 종의 수도에 있어서의 균등성의 척도로서, 본 연구는 그 산정이 가장 논리적인 것으로 해석되는 Alatalo(1981)의 공식을 이용하여 균재도를 계량화하였다. 이 공식에서, 모든 종이 균등한 수로 분포하는 경우는 최대균재도 1을 나타내며, 균재도가 0에 가까울수록 종의 상대적 수도는 더욱 커진다는 것을 의미한다. Table 7은 연구대상구들의 토지이용유형별 수목의 균재도를 보여 준다. 강남구에서의 수목의 균재도는 자연지가 0.62, 도심지가 0.46

이었고, 중랑구의 경우는 자연지가 0.55, 도심지가 0.51이었다. 이와 같이, 양 연구대상구의 균재도는 자연지와 도심지 모두에서 대폭적인 차이를 보이지는 않았다. 조현길 등(1998)은 춘천시 교외단독주택지역에서의 균재도가 0.29로서, 그 토지이용내 거주인들의 어떤 특정종에 대한 선호도가 높음을 보고한 바 있다. 강남구와 중랑구에서는 특정종의 우점도가 현저하게 높지는 않은 것으로 분석되며, 오히려 강남구의 공공용지(균재도 0.70)와 중랑구의 도심단독주택지(균재도 0.78)에서는 종 수도의 균등성이 비교적 높은 것으로 나타났다.

Table 7에서와 같이, 수목의 출현종수는 강남구가 자연지 77종, 도심지 89종이었고, 중랑구가 자연지 49종, 도심지 75종이었다. 한편, 춘천시에서의 출현종수는 자연지 47종, 도심지 87종이었고, 강릉시의 경우는 자연지 41종, 도심지 97종이었다(조현길 등, 1998). 출현종수가 가장 단순한 토지이용유형은 강남구에서는 공공용지(29종), 그리고 중랑구에서는 도심단독주택지(24종)이었다.

Table 8은 본 연구대상구간을 비롯하여 연구대상구들과 춘천 및 강릉시(조현길 등, 1998)간 수목 종



Table 8. Similarity index between cities in composition of woody plant species for urban and natural lands\*

	Chuncheon		Kangleung		Kangnam-gu	
	Urban	Natural	Urban	Natural	Urban	Natural
Kangleung	0.65	0.52				
Kangnam-gu	0.68	0.47	0.65	0.37		
Junglang-gu	0.64	0.25	0.63	0.29	0.70	0.52

Note: \* Urban lands include all land use types except natural land. Data for Chuncheon and Kangleung result from Jo *et al.* (1998).

구성의 유사도지수를 나타낸다. 이 유사도지수는 도시 공간 토지이용별 총출현종 중 공통종의 비율을 표현하는 것이다. 도심지의 경우, 강남구와 중랑구간의 유사도지수는 0.70으로서, 양 구간 수목 종구성의 유사도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 춘천 및 강릉시와 연구대상구들간의 유사도지수도 0.63 이상으로서, 도심지에서는 모든 출현종 중 최소 63%가 동일종으로 구성되었음을 알 수 있다. 자연지에서 강남구와 중랑구간 유사도지수는 춘천과 강릉간의 경우와 같이 0.52인 것에 비하여, 연구대상구들과 춘천 및 강릉간의 유사도지수는 최대 0.47(강남구와 춘천시), 최소 0.25(중랑구와 춘천시)로서 수목 종구성의 유사도가 낮았다.

#### (4) 상대우점치

Table 9는 연구대상구들의 도심지에 식재된 수종들의 상대우점치를 나타낸 것이다. 상대우점치가 가장 높은 상위 3개의 교목종은 강남구에서 단풍나무(*Acer palmatum*), 향나무(*Juniperus chinensis*) 및 가이즈까향나무(*Juniperus chinensis* var. *kaizuka*)였고, 중랑구에서 플라타너스(*Platanus occidentalis*), 향나무 및 은행나무(*Ginkgo biloba*)였다. 상대우점치가 높은 관목종은 강남구에서 회양목(*Buxus microphylla* var. *koreana*), 영산홍(*Rhododendron lateritium*), 장미(*Rosa centifolia*) 등의 순이었고, 중랑구에서도 유사하게 회양목, 영산홍, 산철쭉(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*) 등의 순이었다. 양 구에서 평균상대우점치가 상위 10위권내인 수종들 중, 공통적으로 식재된 수목들은 은행나무, 단풍나무, 향나무, 회양목 등 4개 수종들이었다. 이들은 모두 춘천 및 강릉시에서도 상위 10위권내의 평균상대우점치를 보인 주요 도시경관수종들임(조현길 등, 1998)은 물론, 한국 내륙지방의 대부분의 도시들에서 식재되는 수종들(이종석 등, 1979)이기도 하다. 이는 연구대

상구들과 춘천 및 강릉시간 도심지전체의 종구성의 유사도 분석에 의해서도 뒷받침되는 것으로서, 도시별 시각적 정체성을 부여할 수 있는 특색있는 수종의 선정과 양직(밀도, 피도 및 빈도의 통합적인 의미임) 증진의 지침이 마련될 필요가 있다. 일부 특정종들만의 상대우점치에 있어서의 도시간 공통적 우위는 결국 도시간 유사한 식생경관을 지니게 하는 요인이 될 수 있다.

Table 10에서 보듯이, 강남구의 자연지에서 생장하는 수종의 평균상대우점치는 신갈나무(*Quercus mongolica*) 13.2%, 상수리나무(*Quercus acutissima*) 11.6%, 리기다소나무(*Pinus rigida*) 7.5%, 아카시아(*Robinia pseudo-acacia*) 7.0% 등의 순으로 나타났다. 중랑구의 자연지에서의 평균상대우점치는 아카시아가 24.9%로서 가장 높았고, 이어서 갈참나무(*Quercus aliena*) 8.2%, 리기다소나무 7.2%, 신갈나무 7.1% 등의 순으로 나타났다. 이처럼, 강남구의 자연식생경관은 참나무류가, 그리고 중랑구의 경우는 아카시아 단일종이 우점하는 활엽수림으로 대표된다. 그러나, 강남구의 자연지는 향토종인 참나무류에 비해 번식력이 강하고 속성수인 아카시아가 계속 성장한다면, 중랑구의 경우처럼 장래 아카시아림이 우점하는 경관으로 변화될 가능성을 배제할 수 없다. 한편, 춘천 및 강릉시의 자연식생경관은 현재 소나무류 우점의 침엽수림인 것으로 보고된다(조현길 등, 1998).

## 4. 녹지구조의 개선책

### (1) 구조적 다양성의 확보

도심지 식재상의 특징은 잔디나 기타 초본의 지피 식재, 교목 혹은 관목의 열식, 또는 잔디위의 교목의 단식 등과 같은 단층구조에 의해 대표된다. 단위면적당 식물생체량을 증대하고 강수나 대기오염물질의 포착, 야생동물의 서식조건 등을 증진하기 위해서

Table 9. Importance values (%) of woody plant species planted in urban lands (all land uses except natural land) for Kangnam-gu and Junglang-gu, Seoul

Kangnam-gu				Junglang-gu			
Species	Trees	Shrubs	MIV*	Species	Trees	Shrubs	MIV*
<i>Juniperus chinensis</i>	10.24	7.26	9.49	<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i>	0.27	28.68	7.38
<i>Acer palmatum</i>	11.52	0.32	8.72	<i>Juniperus chinensis</i>	9.07	2.23	7.36
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>kaizuka</i>	8.35	0.13	6.29	<i>Platanus occidentalis</i>	9.43	0	7.07
<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i>	0.10	23.54	5.96	<i>Ginkgo biloba</i>	7.26	0	5.44
<i>Ginkgo biloba</i>	7.75	0	5.81	<i>Zizyphus jujuba</i> var. <i>inermis</i>	6.80	1.00	5.35
<i>Magnolia kobus</i>	6.89	0	5.17	<i>Acer palmatum</i>	5.50	0.42	4.23
<i>Rhododendron lateritium</i>	0	17.23	4.31	<i>Pinus parviflora</i>	4.79	0	3.59
<i>Zelkova serrata</i>	5.36	0.19	4.07	<i>Euonymus japonica</i>	2.20	7.19	3.44
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	4.71	0	3.53	<i>Syringa dilatata</i>	2.78	4.13	3.12
<i>Taxus cuspidata</i>	2.47	4.57	3.00	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	3.83	0	2.87
<i>Malus floribunda</i>	3.37	0.51	2.66	<i>Rhododendron lateritium</i>	0	10.41	2.60
<i>Platanus occidentalis</i>	3.15	0	2.36	<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	0.36	9.10	2.55
<i>Syringa dilatata</i>	2.38	2.01	2.28	<i>Pinus rigida</i>	3.17	0	2.38
<i>Rosa centifolia</i>	0	9.10	2.28	<i>Rosa centifolia</i>	0.78	6.87	2.30
<i>Pinus parviflora</i>	2.91	0.14	2.22	<i>Hibiscus syriacus</i>	1.93	2.58	2.09
<i>Zizyphus jujuba</i> var. <i>inermis</i>	2.35	0.30	1.84	<i>Diospyros kaki</i>	2.65	0	1.99
<i>Euonymus japonica</i>	0.59	5.57	1.84	<i>Pinus koraiensis</i>	2.58	0	1.94
<i>Pinus densiflora</i>	1.97	0	1.48	<i>Sophora japonica</i>	2.49	0	1.86
<i>Picea abies</i>	1.94	0	1.46	<i>Chaenomeles sinensis</i>	2.36	0	1.77
<i>Thuja orientalis</i>	1.80	0.13	1.38	<i>Pinus strobus</i>	2.34	0	1.76
Other 69 species	22.16	28.99	23.87	Other 55 species	29.43	27.39	28.91

\* It indicates mean importance values of trees and shrubs.

는, 자연식생지에서 볼 수 있는 초본, 관목 및 교목의 다층구조를 조성하여 수직적 다양성을 확보해야 할 것이다. 연구대상구들의 도심지 및 자연지에 분포하는 수목들의 직경은 유목 및 성장과정의 수목이 우점하는 단령구조를 보였다. 이는 성목이 제공할 수 있는 환경생태적 기능의 감소 및 수목개체군의 안정성 저하의 요인이 되므로, 지형변경시 기존 성목의 벌목지양 혹은 이식, 성장과정에서의 지속적 관리 등을 통해 다령구조로 전환될 필요가 있다. 연구대상구들의 도심지에 식재된 수종의 상대우점치 및 유사도지수의 산정결과는 종들의 구성과 양적 우점에 있어 춘천 및 강릉시와 유사한 식생구조를 보였다. 도시별 특색있는 향토수종들의 강조적 식재를 통한 양적 우점성을 확보하여 도시간 다양한 식생경관구조의 창출이 바람직할 것이다.

## (2) 도심내 불투수성 면적의 최소화 및 녹지면적의 증대

인공구조물 및 불투수성 면적이 우점하는 도심내에서 녹지면적을 증진하기 위해서는, 건축가, 도시계획가, 시민 등에게 적극적으로 도시녹지의 혜택 및 중요성을 인식시켜, 주택단지 및 공공공간에서의 주차장의 지하화를 비롯한 불투수성 면적의 축소를 지향해야 할 것이다. 옥상과 벽면의 녹화, 담장의 생울타리 대치 등 도심내 식생의 생체량을 증진하는 방안도 강구될 필요가 있다. 연구대상구들에서, 단독주거지는 상당한 토지이용구성비를 점유하므로 녹지면적의 증대와 관련하여 주목될 수 있는 주요 토지이용유형들 중의 하나이다. 건축법시행령 제27조에 의하면, 대지내 조경면적은 건축물의 연면적에 따라 최소 5~15%이며, 그 대상을 면적 200m<sup>2</sup> 이상의 대지에 한정하고 있다(권오준 등, 1996). 그러

Table 10. Importance values (%) of woody plant species growing in natural land for Kangnam-gu and Junglang-gu, Seoul

Kangnam-gu				Junglang-gu			
Species	Trees	Shrubs	MIV*	Species	Trees	Shrubs	MIV*
<i>Quercus mongolica</i>	16.50	3.28	13.19	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	29.03	12.42	24.88
<i>Quercus acutissima</i>	13.80	5.00	11.60	<i>Quercus aliena</i>	8.25	7.86	8.15
<i>Pinus rigida</i>	10.03	0	7.52	<i>Pinus rigida</i>	9.18	1.44	7.24
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	8.43	2.81	7.03	<i>Quercus mongolica</i>	7.84	5.04	7.14
<i>Pinus koraiensis</i>	6.30	0.94	4.96	<i>Prunus sargentii</i>	7.55	3.57	6.56
<i>Quercus aliena</i>	5.06	2.81	4.50	<i>Alnus hirsuta</i>	6.56	0	4.92
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1.63	11.13	4.00	<i>Quercus acutissima</i>	6.10	1.12	4.86
<i>Hibiscus syriacus</i>	0	13.52	3.38	<i>Castanea crenata</i>	5.08	2.81	4.52
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	3.30	2.79	3.17	<i>Quercus dentata</i>	2.93	2.19	2.74
<i>Forsythia koreana</i>	0	11.55	2.89	<i>Symplocos chinensis</i> for.	1.32	4.55	2.13
<i>Ginkgo biloba</i>	3.20	0	2.40	<i>pilosa</i>			
<i>Quercus serrata</i>	2.49	1.83	2.32	<i>Pinus densiflora</i>	2.68	0	2.01
<i>Rosa centifolia</i>	0	8.54	2.13	<i>Stephanandra incisa</i>	0	7.93	1.98
<i>Sorbus alnifolia</i>	2.63	0.28	2.04	<i>Rhododendron yedoense</i> var.	0	7.87	1.97
<i>Betula davurica</i>	2.54	0.45	2.02	<i>poukhanense</i>			
<i>Quercus dentata</i>	1.50	2.76	1.81	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	1.98	0.81	1.69
<i>Zelkova serrata</i>	2.29	0	1.72	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0	6.58	1.64
<i>Castanea crenata</i>	1.62	0.70	1.39	<i>Quercus serrata</i>	1.39	1.39	1.39
<i>Pinus densiflora</i>	1.82	0	1.37	<i>Juniperus rigida</i>	1.67	0.44	1.36
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.20	0.84	1.11	<i>Pinus koraiensis</i>	1.65	0.48	1.36
Other 57 species	15.67	30.80	19.45	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.94	2.38	1.30
				<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0	4.84	1.21
				Other 29 species	5.85	26.30	10.96

\* It indicates mean importance values of trees and shrubs.

나, 연구대상구들에서 표본추출된 단독주택들의 약 37%가 그 규제하한인 200m<sup>2</sup> 이하이었고, 최소 5%의 조경면적도 적은 규모이므로 이에 대한 개선을 통해 녹지면적의 확보를 도모해야 한다. 강남구와 중랑구에서의 시설우점의 공원은 각각 전체면적의 4% 및 1%에 불과하였다. 도시공원법시행규칙 제4조에 의하면, 도시공원 중 규모가 가장 작은 어린이공원의 설치규격은 1,500m<sup>2</sup> 이상이어야 한다(권오준외, 1996). 집약적 토지이용이 특징적인 도심내에 이 정도의 용지를 확보하기란 쉽지 않으므로, 녹지증대 기회의 차원에서 좀 더 적은 규모의 기준이 설정될 필요가 있다.

### (3) 과도한 전정의 회피 및 가공선의 지하매설

춘천시의 주요 가로수들인 은행나무와 플라타너스의 개체당 연간전정량은 수관체적에 따라 차이가 있으나 각각 평균 10.6kg 및 39.9kg인 것으로 보고된

다(조현길 등, 1998). 연구대상구들의 주요 가로수 종 역시 은행나무와 플라타너스이었고, 춘천시의 경우처럼 가공선의 보호차원에서 한국전력공사의 한 용역업체에 의해 해마다 한번 전정되는 것으로 파악되었다(강남구 및 중랑구 공원녹지과와의 사신, 1997). 가로수의 지나친 전정은 도심내 부족한 식생생체량을 더욱 감소시키고, 또한 가로수의 정상적인 생육과 환경생태적 기능을 저하시킬 수 있다. 따라서, 전선의 지하매설을 통해 가로수의 적정한 성장공간을 확보하거나, 전정예의 전문가 참여, 대교목보다는 중소형 수종 선정 등의 대책이 마련되어야 한다.

## 인 용 문 헌

권오준, 이명우, 임봉구(1996) 환경설계관계법규. 동별당, 고양, 540쪽.

- 서울특별시(1996) 서울통계연보.
- 이종석, 김일중, 심우경, 이석래(1979) 우리나라의 조경식물 이용경향에 관한 연구. 한국조경학회지 13: 1-11.
- 조현길, 윤영환, 이기의(1995) 도시녹지에 의한 대기 CO<sub>2</sub>의 흡수. 한국조경학회지 23(3): 80-93.
- 조현길, 이기의, 윤영환, 서옥하(1998) 강원도 일부 도시들의 토지이용 및 녹지구조. 한국조경학회지 25(4): 171-183.
- Alatalo, R.V.(1981) Problems in the measurement of evenness in ecology. OIKOS 37: 199-204.
- Bradley, G.A.(1995) Urban Forest Landscapes. University of Washington Press, Seattle, 224pp.
- Huang, J., R. Ritschard, N. Sampson, and H. Taha(1992) The benefits of urban trees. In: H. Akbari, S. Davis, S. Dorsano, J. Huang, and S. Winnett(eds.), Cooling Our Communities. Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-31587, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., pp. 27-42.
- Krebs, C.J.(1978) Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance(2nd ed.). Harper and Row, New York, 678pp.
- McPherson, E.G.(1997) Structure and sustainability of Sacramento's urban forest. Journal of Arboriculture (in print).
- McPherson, E.G. and R.A. Rowntree(1989) Using structural measures to compare twenty-two U.S. street tree populations. Landscape Journal 8: 13-23.
- McPherson, E.G., D. Nowak, G. Heisler, S. Grimmond, C. Souch, R. Grant, and R. Rowntree(1997) Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. Urban Ecosystems 1: 49-61.
- McPherson, E.G., P.L. Sacamano, S. Wensman, J. Ratliff, and H.-K., Jo(1993) Modeling Benefits and Costs of Community Tree Plantings: A Demonstration Project. Research Report to American Forests, U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Department of Energy, and U.S.D.A. Forest Service, 169pp.
- Miller, P.R. and A.M. Winer(1984) Composition and dominance in Los Angeles basin urban vegetation. Urban Ecology 8: 29-54.
- Miller, R.W.(1997) Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 502pp.
- Nowak, D.J.(1991) Urban Forest Development and Structure: Analysis of Oakland, California. Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, 232pp.
- Nowak, D.J.(1994) Urban forest structure: the state of Chicago's urban forest. In: E.G. McPherson, D.J. Nowak, and R.A. Rowntree (eds.), Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. General Technical Report NE-186, USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Radnor, Pennsylvania, pp. 83-94.
- Richards, N.A.(1979) Modeling survival and consequent replacement needs in a street tree population. Journal of Arboriculture 5(11): 251-255.
- Richards, N.A.(1983) Diversity and stability in a street tree population. Urban Ecology 7: 159-171.
- Richards, N.A., J.R. Mallette, R.J. Simpson, and E.A. Macie(1984) Residential greenspace and vegetation in a mature city: Syracuse, New York. Urban Ecology 8: 99-125.
- Rowntree, R.A.(1984) Forest canopy cover and land use in four eastern United States cities. Urban Ecology 8: 55-67.
- Rowntree, R.A.(1986) Ecology of the urban forest-part II: Function. Urban Ecology 9: 227-440.
- Sampson, R.N., G.A. Moll, and J.J. Kielbaso (1992) Opportunities to increase urban forests and the potential impacts on carbon storage and conservation. In: R.N. Sampson and D. Hair(eds.), Forests and Global Change(Volume 1), An American Forests Publication, Washington, D.C., pp. 51-72.